

Análise do conforto térmico em apartamentos em uso na cidade de Florianópolis

Analysis of thermal comfort in occupied apartments in Florianópolis

Camila Ferreira da Silva, graduanda em Eng. Civil, Instituto Federal de Santa Catarina
camila.fs01@aluno.ifsc.edu.br

Ana Lígia Papst de Abreu, Dra. Eng. Civil, Instituto Federal de Santa Catarina
ana.abreu@ifsc.edu.br

Resumo

As principais estratégias bioclimáticas para edificações em Florianópolis é a ventilação e o uso de massa térmica com aquecimento solar. O objetivo desta pesquisa é verificar o conforto térmico de ambientes reais em uso, comparado ao conforto térmico externo. O método está dividido em três partes: (a) caracterização dos apartamentos monitorados, mostrando que atendem às estratégias bioclimáticas; (b) equipamentos usados durante um ano de medição das temperaturas e umidades; (c) determinação porcentual das horas em conforto (interno e externo) usando o software Analysis Bio. Os resultados obtidos para os apartamentos estudados mostram que percentualmente ocorreu mais horas de conforto térmico nos ambientes internos se comparado ao ambiente externo. Mas o desconforto por calor, no período analisado, foi superior em alguns ambientes internos do que ao ambiente externo.

Palavras-chave: Conforto térmico; Carta bioclimática; Avaliação bioclimática de edificações.

Abstract

There are two main bioclimatic strategies for buildings in Florianópolis: natural ventilation, and thermal mass with solar heating. The objective of this research is to verify the thermal comfort in occupied apartments, comparing with the external thermal comfort. The method is divided into three parts: (a) characterization of the monitored environments, showing their according with the bioclimatic strategies; (b) equipment that were used during a year of measuring of temperatures and humidities; (C) determination of percental of hours in comfort (internal and external) using Analysis Bio software. The results obtained show that the percental of hours of comfort occurred indoor when compared to the external environment; although, thermal discomfort due high temperatures and humidity, during the analyzed period, was higher in some rooms of two apartments than in the external environment.

Keywords: *Thermal comfort; Givoni bioclimatic chart; Buildings bioclimatic analysis*

1. Introdução

As construções além de proteção a intempéries, precisam garantir ao ser humano o conforto térmico, mesmo em condições climáticas adversas. O conforto térmico dá-se em um conjunto de variáveis ambientais e fisiológicas. As principais variáveis ambientais para o conforto térmico estão diretamente relacionadas a temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação incidente. As fisiológicas, atendem as exigências humanas, e estão relacionadas ao funcionamento do organismo humano (FROTA; SCHIFFER, 2000).

A American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE, 2010) define conforto térmico como o estado da mente que expressa satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda. Muitos estudos vêm sendo realizados sobre conforto térmico, devido a mudança climática que vem ocorrendo no mundo. Estudos que desenvolvem índices de conforto térmico para o ser humano procuram determinar os graus de conforto ou desconforto por frio ou calor, variando alguns dos parâmetros e as condições que podem proporcionar sensações semelhantes (FROTA; SCHIFFER, 2000).

Conhecendo-se os fatores e os limites de conforto térmico humano, este pode ser buscado dentro de uma edificação através do uso de medidas passivas: ventilação cruzada; sombreamento; medidas que englobam as características da edificação, como orientação, forma, disposição das aberturas, envoltória, cor da parede, cobertura, entre outros; e medidas ambientais (CHAVES et al., 2016).

A NBR 15.220 (ABNT, 2003), subdivide o Brasil em oito zonas bioclimáticas, e define as características principais dessas zonas e dá diretrizes construtivas para cada uma dessas zonas. Florianópolis encontra-se na zona bioclimática três, tendo como principais estratégias bioclimáticas para as edificações: ventilação e aquecimento solar com massa térmica nas vedações. O programa Analysis Bio desenvolvido na UFSC, permite que os dados de temperatura e umidade relativa sejam plotados sobre a carta bioclimática adaptada de Givoni (GOULART et al., 1994), e calcula a porcentagem de horas do ano em conforto ou não, e qual estratégia construtiva mais apropriada para alcançar a sensação de conforto.

Este trabalho buscou medir a temperatura e umidade de apartamentos ocupados, durante o período de um ano, sem interferir na sua utilização. Estas residências atendem aos critérios das estratégias bioclimáticas para Florianópolis, e possuem todas a mesma configuração de planta, mas com diferentes orientações solares e ocupações.

O objetivo deste artigo é verificar o atendimento ao conforto térmico de apartamentos em uso na cidade de Florianópolis, comparando ao conforto térmico externo à edificação.

2. Revisão

O conforto térmico depende de uma série de fatores fisiológicos associados a fatores ambientais, como velocidade do vento, temperatura do ar, umidade relativa do ar entre outros (RUPP; VÁSQUEZ; LAMBERTS, 2015). Além dessas variáveis, também se tem a atividade física e a vestimenta que interferem no conforto térmico do indivíduo (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Segundo Buriol et. al. (2015) o clima de uma região está entre o principal fator que condiciona o comportamento humano, esse interfere principalmente na alimentação, vestimenta e tipo de atividade que o indivíduo realiza.

Para este estudo optou-se pela utilização da carta bioclimática de Givoni, que é uma adaptação sobre a carta psicrométrica, no qual são propostas estratégias construtivas para adequar a construção ao clima. Os dados de temperatura e umidade do ar sobre o diagrama psicrométrico, permite determinar quais estratégias bioclimáticas a serem adotadas para uma determinada localidade. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Sendo assim, para obtenção das cartas bioclimáticas surgiu a necessidade da criação de ferramentas. Segundo Miranda et. al. (2010) devido à complexidade das variáveis envolvidas para a abordagem bioclimática, várias ferramentas vêm sendo aprimoradas: gráficos de insolação; diagramas de sombras; entre outros. Atualmente as ferramentas são de forma digital, como é o caso do Analysis Bio. O programa Analysis Bio foi desenvolvido por pesquisadores do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (LABEEE/UFSC) e é uma ferramenta para a obtenção de cartas bioclimáticas, tendo como referência a carta bioclimática de Givoni para países em desenvolvimento. O programa Analysis Bio caracteriza-se, dessa forma, como ferramenta de auxílio nas fases iniciais de projetos, assim como, ferramenta complementar nos processos de simulação computacional (MIRANDA et. al. 2010). Através da carta bioclimática de Givoni é possível saber se em função de dados de temperatura e umidade se está em conforto térmico, por exemplo, ou se está em desconforto, e qual seria a estratégia construtiva indicada para se alcançar o conforto térmico.

A Figura 1 apresenta a imagem da carta bioclimática de Givoni plotada com o ano climático de referência (TRY – Test Reference Year) de Florianópolis. Um ano climático de referência é um ano típico de dados climáticos do local, ele é selecionado entre vários anos de medições climáticas, eliminando os anos de dados com temperaturas médias mensais extremas. (GOULART et al, 1998). Como resultado o software Analysis Bio apresenta que 79% das horas do ano climático de referência estão na zona de desconforto, sendo 38% das horas desconforto por calor e 41% desconforto por frio, sobrando assim 21% de horas de conforto. As principais estratégias construtivas para evitar o desconforto por calor são o uso da ventilação em 35,5% das horas do ano, e o desconforto por frio nas edificações é amenizado em 35,4% das horas do ano pela adoção de massa térmica e aquecimento solar (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

De acordo com Souza e Rodrigues (2012), a utilização da ventilação natural como estratégia para o conforto térmico é importante, e num projeto que precise de ventilação natural, deve-se avaliar em detalhes as condições climáticas e as condições locais.

Os valores de abertura mínimo em um ambiente são de 1/6 (16,67%) da área do piso segundo o Código de Obras de Florianópolis (CÂMARA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS, 2000), mas sem especificar se é para ventilação ou para iluminação. No RTQ-R (Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais) é feita esta diferenciação, onde a área efetiva para ventilação é a “parcela de área do vão que permite a passagem de ar” (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA E QUALIDADE INDUSTRIAL, 2012). Pelo RTQ-R percentual de área mínimo para ventilação em relação à área útil do ambiente é de 8%. Logo, se todas as edificações aprovadas para construção em Florianópolis atendem ao valor mínimo do

Código de Obras, e usarem janelas de correr, estas atendem também ao RTQ-R. O conceito de ventilação cruzada pode ser usado para uma unidade autônoma ou para um ambiente, desde que a unidade ou o ambiente possua aberturas em duas fachadas de orientações diferentes.

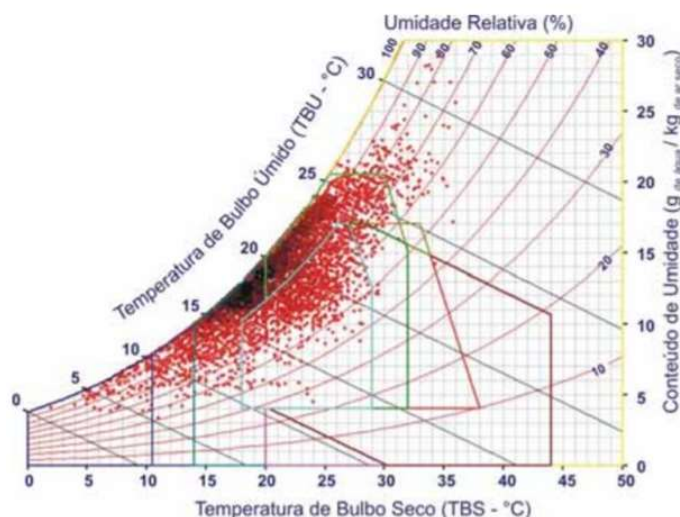


Figura 1: Carta Bioclimática de Florianópolis com dados de ano climático de referência Fonte: Lamberts et al (2014).

Para se ter uma ideia quantitativa da massa térmica a ser utilizada em Florianópolis, buscou-se o que é preconizado pela NBR 15.575 (ABNT, 2013). A NBR 15.575 (ABNT, 2013) estabelece requisitos e critérios para que uma edificação tenha o mínimo desempenho exigido pelos usuários. Com relação ao desempenho térmico, esta norma possui duas formas de verificação ao seu atendimento: (i) através dos sistemas construtivos de vedações verticais e coberturas com relação aos critérios de transmitância térmica e capacidade térmica; (ii) através da verificação de temperaturas internas em edificações (ou protótipos em tamanho real), ou simulações computacionais. A Tabela 1 é um resumo dos valores de transmitância térmica e capacidade térmica para a zona bioclimática onde está situada Florianópolis.

Transmitância Térmica (U)		Capacidade Térmica (C)
$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$	
$U \leq 3,7 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$	$U \leq 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$	$C \geq 130 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$

* α é a absorvância à radiação solar da superfície externa da parede

Tabela 1 – Valores de Transmitância térmica e capacidade térmica para vedações verticais Fonte: adaptado da NBR 15.575 (ABNT, 2015b)

3. Procedimentos Metodológicos

O método está dividido em três partes: (a) caracterização dos ambientes; (b) equipamentos usados; (c) determinação porcentual das horas em conforto.

3.1 Caracterização do ambiente

As medições foram realizadas em um condomínio multifamiliar, no qual foi possível trabalhar com apartamentos com a mesma planta (Figura 2), porém com orientações solares diferentes. Foram dois os ambientes monitorados por apartamento: a suíte e a sala. Estes ambientes têm somente uma abertura por ambiente e as aberturas da sala e da suíte estão na mesma orientação solar. A suíte tem paredes em duas orientações solares diferentes. Os três apartamentos monitorados não pertencem ao mesmo bloco e não estão localizados todos mesmo andar, mas evitou-se apartamentos do último andar devido a carga térmica da cobertura. A Figura 3 mostra: a localização dos apartamentos nos quatro blocos que fazem parte do condomínio analisado; a orientação solar dos apartamentos; e também os critérios de designação dado aos apartamentos (A, B e C). Observa-se ainda que os apartamentos são todos de canto.

Todos os apartamentos possuem condicionador de ar quente e frio na sala e na suíte, e não se teve controle do acionamento ou não destes equipamentos durante o período das medições. Todas as aberturas dos ambientes de grande permanência são com sistema de correr (janelas dormitórios e porta janela da sala)

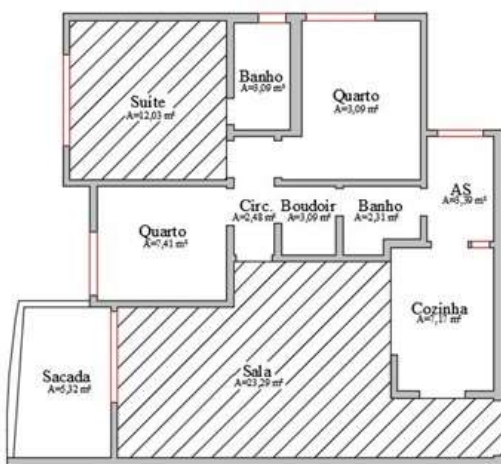
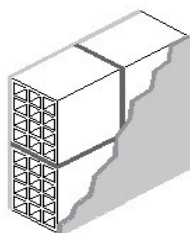


Figura 2: Croqui da Planta baixa do apartamento tipo. Fonte: elaborado pelos autores a partir de dados fornecidos pela construtora.



Figura 3: Croqui de localização dos apartamentos nos edifícios. Fonte: elaborado pelos autores sobre imagem Google Earth.

A Figura 4 apresenta um croqui do sistema construtivo de parede externa, cujos dados foram obtidos junto com a construtora. As dimensões dos componentes da parede são: tijolo com 0,135m x 0,185m x 0,185m; espessura da argamassa de 0,01m; e espessura do reboco: 0,015m.



Transmitância térmica “U” = 2,13 W/(m².K)

Capacidade térmica = 151,67 kJ/(m².K)

Figura 4 – Croqui do sistema construtivo da parede externa. Fonte: elaborado pelos autores.

3.2 Medição das temperaturas

Para a aquisição dos dados de temperatura e umidade relativa do ar, foram utilizados quatro modelos diferentes de aquisição de dados (data loggers) da Onset Corporation, conforme Tabela 2. Os dados coletados foram transferidos pelo software próprio do equipamento a um computador pessoal, para posterior tratamento e análise. Para a medição das temperaturas externas foi utilizado o modelo U23-001, ideal para ambientes externos, e colocado na parte externa da sacada do Apartamento C. Os outros equipamentos foram dispostos sobre móveis de madeira, buscando sempre a centralidade dos ambientes e evitando serem colocados próximos a paredes que tenham contato com o exterior.





Modelo	Imagem	Faixa de medição	Acurácia
HOBO® Temp/RH Data Logger U12-011		-20°C a 70°C	± 0,35 °C
HOBO® Temp/RH Data Logger UX100-003		-20°C a 70°C	± 0.21°C
HOBO® Pro v2 U23-001		-40°C a 70°C	± 0.21°C
HOBO® Pendant® Temp/Light Data Logger UA-002-08		-20°C a 70°C	± 0.53°C

Tabela 2: Descrição dos sistemas de aquisição utilizados para medição das temperaturas. Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos manuais dos equipamentos.

A aquisição de dados das temperaturas e umidade relativa do ar dos ambientes salas, suítes e ambiente externo, foi feita de quinze em quinze minutos, durante o período de um

ano (julho de 2015 a junho de 2016), e posteriormente feita a média hora a hora numa planilha do Excel.

3.3 Determinação dos percentuais de horas em conforto

Através dos dados horários obtidos por medição *in loco* gerou-se um arquivo próprio para leitura pelo Analysis Bio (arquivo texto com extensão .try), para cada um dos ambientes que foram monitorados. Após obter-se cada arquivo, gerou-se as cartas bioclimáticas para cada ambiente interno e do ambiente externo. O programa gera relatórios em forma de texto e histogramas que fornecem dados percentuais das horas de conforto, desconforto e principais estratégias construtivas em função dos dados climáticos.

4. Resultados

As duas principais recomendações para obtenção de conforto segundo a carta bioclimática de Givoni é a ventilação para evitar o desconforto por calor, e massa térmica com aquecimento solar para evitar desconforto por frio.

Com relação a ventilação, os apartamentos atendem ao que é preconizado pelo RTQ-R de abertura mínima de 8% da área de piso, visto que atendem ao Código de Obras de Florianópolis, e são todas esquadrias de correr nos dormitórios e sala. Com relação a ventilação cruzada, por terem aberturas em fachadas com orientação diferentes, a unidade habitacional, no caso os apartamentos, atendem também.

Com relação a massa térmica, o sistema construtivo das paredes dos apartamentos monitorados (Figura 4) atende tanto os aspectos de transmitância térmica quanto de capacidade térmica da NBR 15.575 (Tabela 1). Com relação ao ganho térmico solar, somente o apartamento B é que tem fachadas a leste e sul, sendo que a suíte e a sala tem aberturas orientadas a sul. O apartamento A possui os ambientes monitorados com aberturas a norte, e o apartamento C possui aberturas da sala e suíte com orientação a oeste.

As cartas bioclimáticas de Givoni com a plotagem dos dados de temperatura e umidade do período de 01 de julho de 2015 a 30 de junho de 2016, tanto do ambiente externo, quanto das suítes e salas dos apartamentos, são apresentados na Tabela 3. Nesta Tabela também apresenta-se os resultados percentuais de conforto e desconforto obtidos através dos relatórios do software Analysis Bio.

A primeira observação a ser feita é com relação as condições de conforto externa do período de julho de 2015 a junho de 2016 (Tabela 3) com o ano climático de referência (TRY) em Florianópolis (Figura 3). No período desta pesquisa, a porcentagem de horas de conforto foi 29,3 pontos percentuais superior do que o TRY. A porcentagem de horas de desconforto por calor foi muito próxima, 38% no TRY e 39,6% no ano de esta pesquisa. As horas em desconforto por frio foram 41% no TRY, e nas medições pouco menos da metade, 20,1% das horas em desconforto por frio. Desta forma pode-se dizer que o ano de dados desta pesquisa, apresentou um ano com temperaturas mais elevadas no período mais frio, se comparadas com as temperaturas do ano climático de referência.

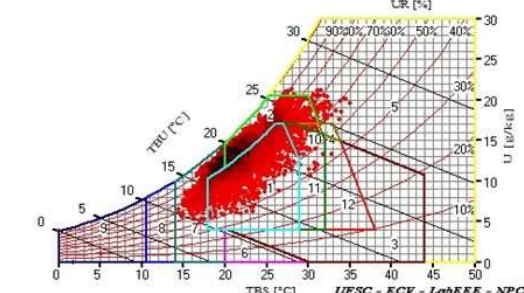
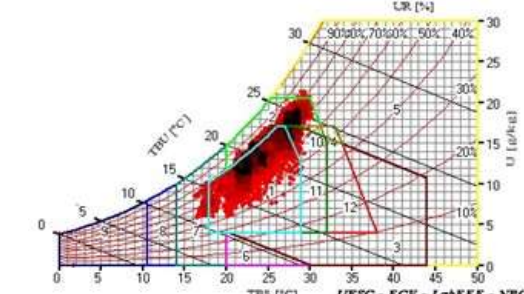
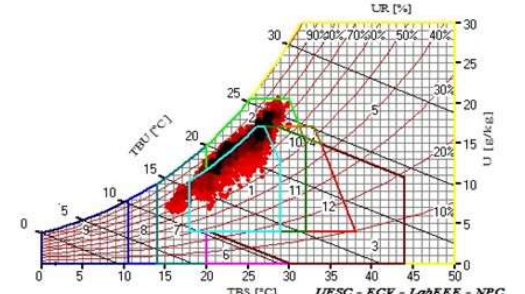
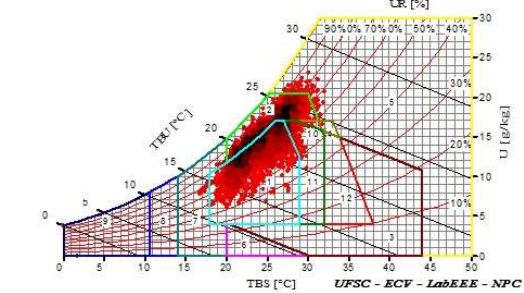
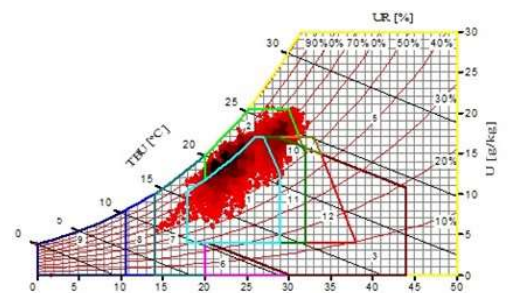
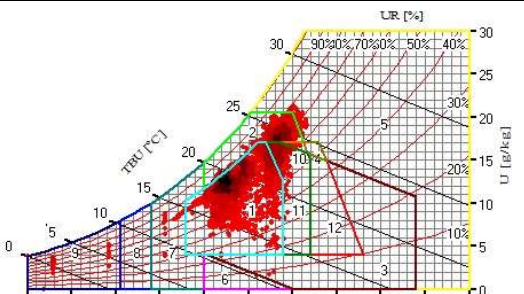
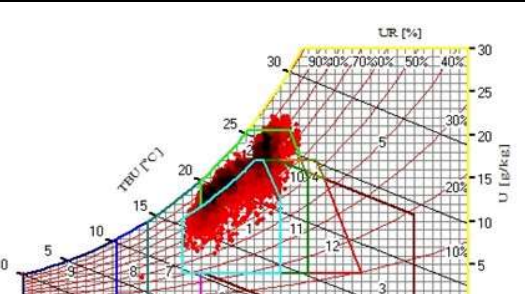
Externo				
	Conforto: 40,3%	Desconforto frio: 20,1% Desconforto calor: 39,6%		
Apartamento A	<p style="text-align: center;">Sala</p> 		<p style="text-align: center;">Suíte</p> 	
	Conforto: 65,6%	Desconforto frio: 2,6% Desconforto calor: 31,8%	Conforto: 56,6%	Desconforto frio: 6,1% Desconforto calor: 37,3%
Apartamento B				
	Conforto: 56,4%	Desconforto frio: 0,5% Desconforto calor: 43,1%	Conforto: 49,0%	Desconforto frio: 1,4% Desconforto calor: 49,6%
Apartamento C				
	Conforto: 66,2%	Desconforto frio: 2,7% Desconforto calor: 31,1%	Conforto: 36,2%	Desconforto frio: 1,0% Desconforto calor: 62,8%

Tabela 3: Cartas bioclimáticas plotadas com dados de temperatura e umidade medidos de 01 de julho de 2015 a 30 de junho de 2016, e porcentagem de horas de conforto e desconforto. Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados obtidos no programa Analysis Bio.

Através dos resultados gerados pelas cartas bioclimáticas (Tabela 3), pode-se verificar que as horas de conforto nos ambientes internos tendeu a ser superior em 8,7 pontos percentuais a 25,9 pontos percentuais acima da porcentagem de conforto em relação ao ambiente externo. A única exceção foi a suíte do apartamento C, que apresentou 4,3 pontos percentuais de horas de conforto abaixo do que as horas de conforto do ambiente externo.

Quando se analisa o desconforto por frio, o que se observa é uma diminuição da porcentagem das horas de desconforto dos ambientes internos com relação ao ambiente externo. Internamente variou de 1% a 6,1% as horas de desconforto por frio, enquanto externamente a porcentagem foi de 20,1% de horas de desconforto. Esta melhora foi de 13,5 a 19 pontos percentuais.

Com relação ao desconforto por calor, o que se observa é que apesar da existência de condicionadores de ar em todos os ambientes analisados, três deles apresentaram mais horas de desconforto de calor que o ambiente externo no mesmo período. Sendo que nos três ambientes (Sala e Suíte apart. A, Sala Apart. C) que apresentaram menor quantidade de horas de desconforto por calor que o ambiente externo, este valor foi somente entre 2,3 a 8,5 pontos percentuais melhor. Os dois ambientes do apartamento B apresentaram valores 3,5 (sala) e 10,0 (suíte) pontos percentuais acima das 39,6% de horas de desconforto por calor do ambiente externo. A suíte do apart. C foi a que apresentou maior horas de desconforto por calor, 62,8% das horas do ano. Ou seja, mais da metade das horas do ano a suíte tinha condições climáticas internas, que segundo a carta bioclimática de Givoni, precisaria de algum tipo de sistema de resfriamento. Destas horas, 61% caíram na região onde a ventilação garantiria o conforto.

5. Considerações Finais

Esta pesquisa tinha como objetivo comparar o conforto térmico em apartamentos em uso frente ao comportamento térmico do ambiente externo. Nos apartamentos monitorados durante um ano o que se verificou foi que a edificação, e possivelmente o comportamento dos usuários, garantiu que os ambientes apresentassem percentualmente uma melhora no conforto térmico se comparado ao conforto do ambiente externo.

Os critérios de uso de equipamentos de condicionamento de ar e ocupação da edificação foi levantado em uma primeira entrevista com os moradores, mas não foi feito nenhum monitoramento do uso dos condicionadores de ar ou da ocupação dos apartamentos durante a pesquisa.

O que se observa é que o desconforto por frio é amenizado nas edificações, mas o desconforto por calor, no ano analisado, foi superior nos ambientes internos do que no ambiente externo. Especificamente com relação ao apartamento C, o casal de moradores por serem aposentados e viajarem muito, possivelmente mantiveram o apartamento fechado nos períodos quentes, não se utilizando da ventilação natural.

Referências

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220-3**: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575-1**: Edificações Habitacionais – Desempenho parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR ENGINEERS CONDITIONING (ASHRAE). **ASHRAE 55-2010**: Thermal Environmental Conditions for HumanOccupancy. Atlanta, 2010.
- CÂMARA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS. **Código de Obras**. Lei Complementar N° 060/2000, de 28 de agosto de 2000. Disponível em: <<http://www.cmf.sc.gov.br/legislacao>> Acesso em 05 de outubro de 2015.
- CHAVES, V. L. et al. Análise de conforto térmico para diferentes estratégias de melhorias climáticas em salas de aulas: Comparação entre dados técnicos e a percepção dos usuários. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 16. 2016, São Paulo. **Anais**. Porto Alegre: ANTAC, 2016.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual do conforto térmico**. 4 ed. São Paulo: Studio Nobel, 2000.
- GOULART, S. V. G et al. **Bioclimatologia aplicada ao projeto e edificações visando o conforto térmico**. Relatório Interno: NPC, UFSC, Florianópolis, 1994.
- GOULART, S. V. G. LAMBERTS, R. FIRMINO, S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. 2. ed. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R)**. Rio de Janeiro: INMETRO, 2012. Portaria n. 18.
- MIRANDA, S. A. et. al. Processamento de arquivo climático para avaliações de conforto ambiental em Cuiabá – MT. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais**. Porto Alegre: ANTAC, 2010.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3 ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2014.
- RUPP, R. F.; VÁSQUEZ, N. G.; LAMBERTS, R. A review of human thermal comfort in the built environment. **Energy and Buildings**. v. 105, p. 178-205, jul. 2015.
- SOUZA, H. A.; RODRIGUES, L. S. Ventilação natural como estratégia para o conforto térmico em edificações. **REM: Revista Escola de Minas**. v. 65(2), p. 189-194, abr. jun. 2012.

Agradecimentos

Ao CNPq pelas bolsas acadêmicas, ao IFSC pelos recursos disponibilizados ao projeto, ao LabEEE pelo empréstimo de parte dos equipamentos utilizados, a construtora que nos auxiliou de diversas formas, mas principalmente nos colocou em contato com os moradores. E principalmente, aos moradores dos apartamentos que tão gentilmente nos possibilitaram fazer as medições em seus lares.